

# ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЕФЕКТОВ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ В АКТИВНОМ ТЕПЛОВОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ

*Разумова А. А., Ширяев В. В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Ширяев В. В, к.т.н., доцент кафедры физических методов и приборов контроля качества*

## Введение

Дефектоскопия - это область знаний, охватывающая теорию, методы и технические средства определения дефектов в материале контролируемых объектов типа несплошности материала, оценки физико-химических свойств материала и измерения геометрических параметров деталей [1, 2].

В данной статье рассматривается активный метод теплового неразрушающего контроля (АТНК). Проводя диагностику данным методом, производят нагрев/охлаждение объекта контроля (ОК), передачу его тепловой энергии специальными внешними источниками тепла для создания тепловых потоков внутри изделия. Высокая чувствительность аппаратуры для регистрации тепловых полей, таких, как тепловизоры, пирометры и др. не имеет особого значения в производственных условиях [3]. Цель работы - измерение параметров дефектов в ОК.

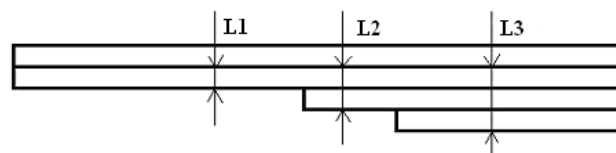
## Теоретический раздел

Для проведения теоретических расчетов в качестве программного обеспечения были использованы программа ThermoCalc2D. Теоретическая модель исследования – цилиндр. С помощью программы были рассчитаны следующие данные для стеклопластика (объекта контроля), которые записаны в Таблице 1:

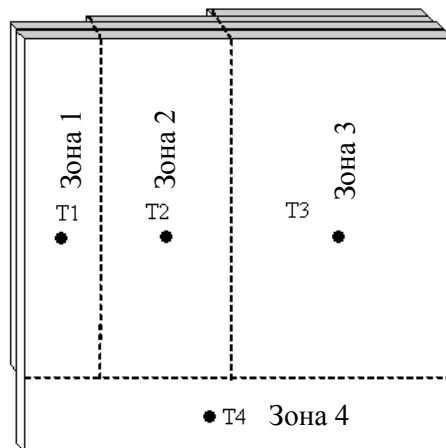
**Таблица 1.** «Характеристики температурного сигнала»

Толщина ОК $d$ в указанных точках $T_i$ (см. рис.1), мм	L=4, T1	L=6, T2	L=8, T3
Температурный сигнал $dT$ , °C	0,067	0,065	0,056
Время появления максимума температуры сигнала $t$ , с	18,225	18,525	18,699

На рисунке 1 показан ОК и размещение точек измерения температур.



а)



б)

**Рис. 1.** Объект контроля а) Профиль ОК, б) Размещение точек измерения температур

**Таблица 2.** «Значения температуры в бездефектной области ОК»

	T1', °C,	T2', °C,	T3', °C,	T4', °C,
Стеклопластик	41,37	41,29	41,19	41,41

**Таблица 3.** «Значения температуры в дефектной области ОК»

	T1, °C,	T2, °C,	T3, °C,	T4, °C,
Стеклопластик	41,26	41,29	41,19	41,41

**Таблица 4.** «Контраст ОК»

	C <sub>0</sub> (T1)	C <sub>0</sub> (T2)	C <sub>0</sub> (T3)
Стеклопластик	0,0036	0,0029	0,0053

Расчет контраста проводился по следующей формуле:

$$C_0 = \frac{T4 - Ti}{T4}$$

**Таблица 5.** «Контраст ОК – влияние толщины материала под дефектом»

	C' (T1)	C' (T2)	C' (T3)
Стеклопластик	0,0027	0	0

Расчет контраста проводился по следующей формуле:

$$C' = \frac{Ti' - Ti}{Ti'}$$

Результаты теоретических исследований показывают, что для материалов с теплопроводностью от 0,1 до 10 Вт/м·К температурный сигнал имеет слабую зависимость от толщины материала под дефектом.

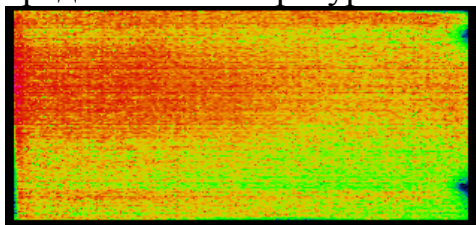
### Эксперимент: односторонний контроль образца

Для проведения опыта по изучению зависимости глубины залегания дефекта от толщины изделия, была собрана экспериментальная установка, с помощью которой был проведен эксперимент и получены следующие данные, показанные в таблице 6.

**Таблица 6.** «Объект контроля с черным покрытием в два слоя»

Толщина ОК L в указанных точках Ti (см. рис.1), мм	L=4, T1	L=6, T2	L=8, T3
Температурный сигнал dT, °C	1,3	1,63	1,45

Термограмма объекта контроля, по которой с помощью программы ThermoFit Pro были определены температурные сигналы:



**Рис. 3.** Распределение температуры по образцу. Термограмма № 80

Значения температурных сигналов, полученные в эксперименте для данного покрытия показывают, что поверхность ОК необходимо покрыть слоем краски не менее, чем в два слоя, чтобы устранить влияние поверхности ОК на сигнал.

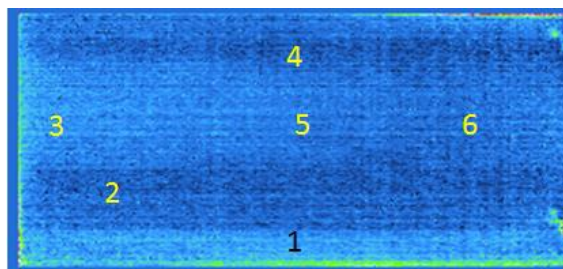
В таблице 7 показаны данные, которые были получены в определенных точках на поверхности (см. рис. 1,б) объекта контроля.

**Таблица 7.** «Данные в точках T0-T4»

	T0	T1	T2	T3
Температура, °C, 3 кадр	14,83	18,07	16,95	16,45
Температура, °C 80-ый кадр	1,3	1,63	1,45	1,27
Сигнал, °C, 3 кадр		3,24	2,12	1,62
Сигнал, °C, 80-ый кадр		0,33	0,15	-0,03
Контраст (3 кадр)		0,22	0,14	0,12
Контраст (80-ый кадр)		0,25	0,12	-0,02

### Определение коэффициента теплопроводности данного образца

Для иллюстрации влияния изменения толщины материала под дефектом в исследуемом образце проведен эксперимент по определению его коэффициента теплопроводности.



**Рис.4.** Объект контроля с точками исследования

**Таблица 8.** «Определение коэффициента температуропроводности»

№ п/п	1	2	3	4	5	6
$a, \text{м}^2/\text{с}$	$1,43 \cdot 10^{-7}$	$1,17 \cdot 10^{-7}$	$1,56 \cdot 10^{-7}$	$1,3 \cdot 10^{-7}$	$1,43 \cdot 10^{-7}$	$1,43 \cdot 10^{-7}$

Среднее квадратичное отклонение по точкам 3-5-6:  $\sigma = 0,063 \cdot 10^{-7}$ .

Расчеты показывают, что отклонение коэффициента температуропроводности меньше 1,5%, следовательно, влиянием толщины материала под дефектом можно пренебречь при его определении.

Дисперсия общая:  $D = 0,0015 \cdot 10^{-13}$ . Дисперсия по точкам 3-5-6:  $D = 0,0004 \cdot 10^{-13}$ .

### **Заключение**

По полученным данным можно сделать следующие выводы о том, что экспериментальные и теоретические данные практически совпадают. Представленные данные несколько различаются по абсолютным значениям, что связано с тем, что неизвестна точная мощность ламп-вспышек и данный параметр в программах ThermoFit Pro и ThermoCalc2D стоит заданным по умолчанию. Данный эксперимент показывает, что изменение толщины ОК за дефектом при данных условиях практически не влияет на результаты. Однако следует иметь в виду, что при измерительных процедурах необходимо знать значение глубины залегания дефекта.

### **Список информационных источников**

1. Виды и методы дефектоскопии. Классификация. Ультразвуковой, магнитный, вихретоковый, капиллярный методы дефектоскопии // [Электронный ресурс]. – URL: <http://gosnik.postach.io/60-vidy-i-metody-defektoskopii-klassifikatsiia-ultrazvukovoi-magnitnyi-vikhretokovy-kapilliarnyi-metody-defektoskopii> (дата обращения 05.01.2015)

2.Юношев М. А. ДЕФЕКТОСКОПИЯ // [Электронный ресурс]. Юношев М. А. Забурненко Е. В. (руководитель). – 2014. – URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/pdf/6822.pdf> (дата обращения 05.01.2015)

3.Инфракрасная термография и тепловой контроль: научное издание/ Вавилов В. П.; редактор Клейзер В. П. – Москва: ИД Спектр, 2013. – 27, 91-93, 179 с.

## **БЕТАТРОН С ШИРОКИМ УГЛОМ РАСХОЖДЕНИЯ ПУЧКА ИЗЛУЧЕНИЯ**

*Руденков Д.Е.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Касьянов С.В., к. т. н., с.н.с.*

*лаборатории разработки бетатронов*

Главной задачей неразрушающего контроля является изучение и анализ объектов без их деформации и разборки. Эту задачу можно решить с помощью радиометрических систем неразрушающего контроля на основе источников высокоэнергетического тормозного излучения. Одним из таких источников является бетатрон.

Бетатрон - это индукционный ускоритель электронов. Принцип его действия заключается в ускорении электронов по круговой орбите с помощью электрического поля, индуцируемого изменяющимся во времени магнитным потоком. В работе бетатрона, можно выделить три основных этапа: первый этап – это ввод пучка электронов в ускорительную камеру. Второй этап – ускорение электронов, при этом их энергия увеличивается. На третьем этапе производится смещение пучка электронов с равновесной орбиты на мишень. После попадания электронов в мишень, получается коротковолновое тормозное излучение.

Одним из самых важных применений бетатрона, для неразрушающего контроля, является его использование в досмотровых комплексах. Метод цифровой рентгенографии, используемый с помощью бетатронов, отличается высокая информативность, основанная на возможности визуализации структуры объекта контроля, выявления, идентификации веществ недопустимых локальных вложений и определения их геометрического положения.

Для удобного и быстрого досмотра объекта, к досмотровым комплексам предъявляются определённые требования: пропускная